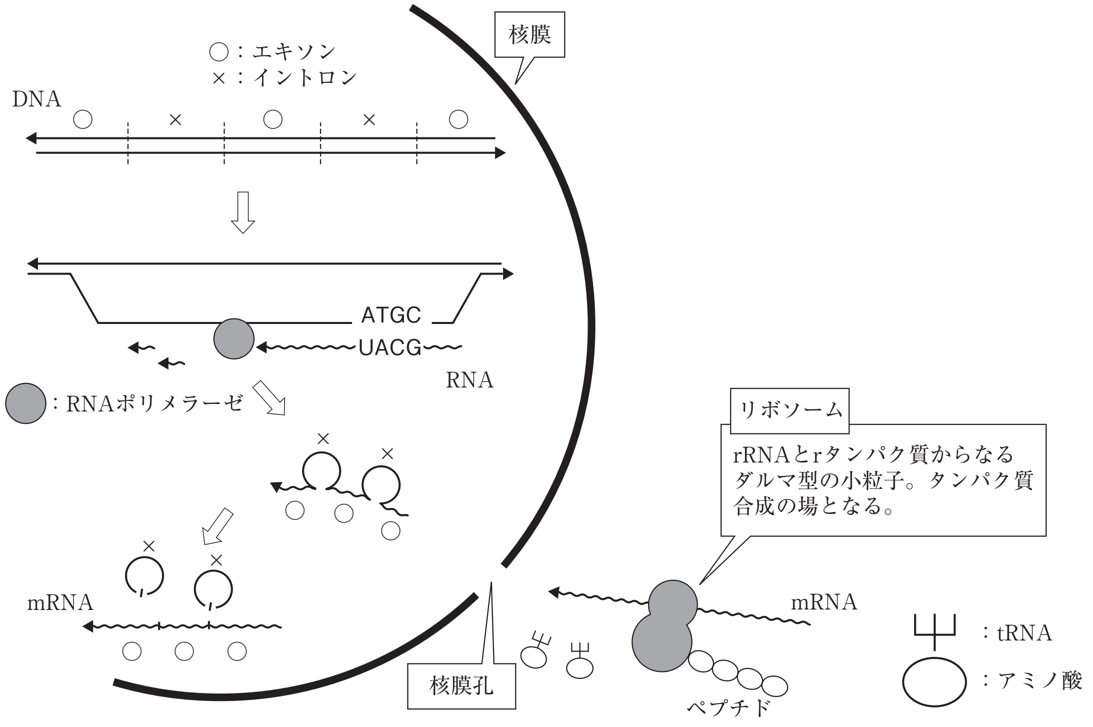
第13講　遺伝子の発現

■セントラルドグマ

◆真核生物の遺伝子発現

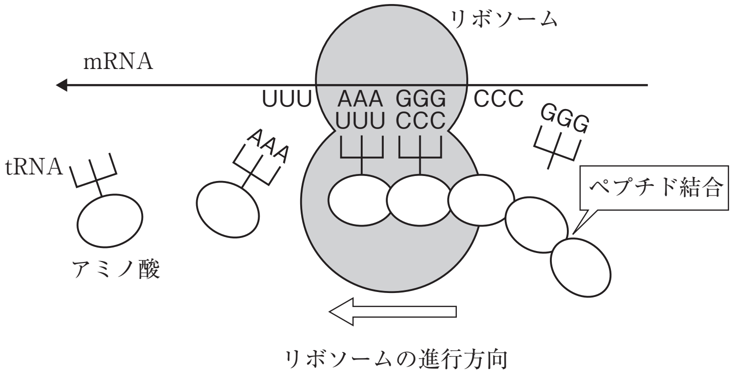
・転写とスプライシング



・発現する領域のDNA二本鎖が一本鎖に開裂
・二本鎖のうち一本を鋳型として，相補的な塩基配列を持つRNAがRNAポリメラーゼによって合成される。“転写”
・RNAのうち，イントロンに由来する部分が除去され，エキソン由来の断片が結合，mRNAが合成される。“スプライシング”

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

◆翻訳



・核外に出たmRNAがリボソームと結合
・リボソームにおいて、mRNAの3つ組み塩基（コドン）に対応するアンチコドンをもったtRNAが塩基間で相補的な水素結合を形成
・tRNAはアンチコドンに対応した特定のアミノ酸と結合している。tRNAの運んできたアミノ酸間が順次ペプチド結合を形成していくことでタンパク質が合成される。

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

■コドン表

…ニーレンバークやコラーナらによって，塩基配列とアミノ酸配列の対応関係が解明された。塩基とアミノ酸の対応関係は，一般的にmRNAの３つ組み塩基に対応するアミノ酸の形で表にまとめられている。

1番目の塩基	2番目の塩基 U		2番目の塩基 C		2番目の塩基 A		2番目の塩基 G		3番目の塩基
U	UUU	フェニルアラニン(Phe)	UCU	セリン(Ser)	UAU	チロシン(Tyr)	UGU	システイン(Cys)	U
U	UUC		UCC		UAC		UGC		C
U	UUA	ロイシン(Leu)	UCA		UAA	終止コドン	UGA	終止コドン	A
U	UUG		UCG		UAG		UGG	トリプトファン(Trp)	G
C	CUU	ロイシン(Leu)	CCU	プロリン(Pro)	CAU	ヒスチジン(His)	CGU	アルギニン(Arg)	U
C	CUC		CCC		CAC		CGC		C
C	CUA		CCA		CAA	グルタミン(Gin)	CGA		A
C	CUG		CCG		CAG		CGG		G
A	AUU	イソロイシン(Ile)	ACU	トレオニン(Thr)	AAU	アスパラギン(Asn)	AGU	セリン(Ser)	U
A	AUC		ACC		AAC		AGC		C
A	AUA		ACA		AAA	リシン(Lys)	AGA	アルギニン(Arg)	A
A	AUG	開始コドン メチオニン(Met)	ACG		AAG		AGG		G
G	GUU	バリン(Val)	GCU	アラニン(Ala)	GAU	アスパラギン酸(Asp)	GGU	グリシン(Gly)	U
G	GUC		GCC		GAC		GGC		C
G	GUA		GCA		GAA	グルタミン酸(Glu)	GGA		A
G	GUG		GCG		GAG		GGG		G

・AUGは開始コドン(メチオニン指定)
・UAA，UAG，UGAは終止コドン(ナンセンスコドン)
・コドンは$4^3=64$通り，指定すべき情報はアミノ酸20種類＋終止の21種類
　→複数のコドンが同じアミノ酸を指定する場合がある。
　　最大６種のコドンが同じアミノ酸を指定(ロイシン，セリン，アルギニン)
　　１種のコドンでしか指定されないアミノ酸もある。(メチオニン，トリプトファン)

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　演習問題

遺伝情報の発現に関する次の文章を読み，以下の問い1)～4)に答えよ。

DNAは，塩基配列という形で遺伝情報を保持している。この塩基配列によって，生命活動で中心的な役割を担うタンパク質のアミノ酸配列が決められる。DNAには，[1]とよばれる特別な塩基配列をもつ領域があり，そこに[2]という酵素が結合し，DNAの2本鎖がほどけて，片方の1本鎖の塩基に対して相補的な塩基をもつRNAが合成される。この過程を[3]という。遺伝子のうちタンパク質の遺伝情報をもたない部分は[4]と呼ばれ，[3]直後に[5]という過程で除かれる。[3]や[5]の過程を経て作られたア)伝令RNA(mRNA)は，細胞質で[6]と結合する。[6]では，mRNAのイ)コドンに対応するアミノ酸をもった[7]が，アンチコドンの部分でmRNAのコドンと結合する。[7]によって運ばれたアミノ酸は，できつつあるタンパク質の末尾のアミノ酸と[8]結合によって連結され，[7]はmRNAから離れる。この過程は，mRNAの塩基配列がアミノ酸配列に読みかえられることから[9]と呼ばれている。このような過程が繰り返されて，DNAの遺伝情報どおりのタンパク質が合成される。塩基の組み合わせによる配列で，タンパク質を作る[10]種類のアミノ酸の配列が決定される。

1)　上の文章の空欄[1]～[10]に入る最も適当なものを，次の①～⑳の中からそれぞれ１つずつ選べ。

①　20	②　32	③　64
④　転写	⑤　複製	⑥　翻訳
⑦　連鎖	⑧　リパーゼ	⑨　ペプチド
⑩　エキソン	⑪　転移RNA(tRNA)	⑫　ゴルジ体
⑬　リボソーム	⑭　DNAリガーゼ	⑮　イントロン
⑯　オペレーター	⑰　プロモーター	⑱　スプライシング
⑲　RNAポリメラーゼ	⑳　DNAポリメラーゼ	

2)　下線部ア)のmRNAに含まれる塩基配列として最も適当なものを，次の①～⑥の中から1つ選べ。

①　GAATCCGCTAGUGCT	②　AUUTACTACTTTUTA
③　ATCCGCAACTGCTTT	④　UATGGAGATTGUGAG
⑤　CUUCGCAAUCGACUU	⑥　TUUGTCTGCTGGTCT

©RECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

3)　ヒトのある組織に含まれるDNAの塩基の割合を分析した結果は，塩基数全体に対してGの割合は19.9%，Cの割合は19.8%であった。また，ヒトのあるタンパク質の合成過程に生じたmRNAに含まれる塩基を分析した結果は，塩基数全体に対してGの割合は20.9%，Cの割合は35.1%であった。DNAとmRNAでGとCの存在比が違う理由として最も適当なものを，次の①～⑤の中から1つ選べ。

①　mRNAのヌクレオチド鎖はDNAのヌクレオチド鎖より短い。

②　DNAは2本鎖であるが，mRNAは1本鎖である。

③　DNAは核に存在するが，mRNAは核と細胞質に存在する。

④　DNAはヒストンと結合できるが，mRNAはヒストンと結合しない。

⑤　DNAの糖はデオキシリボースであるが，mRNAの糖はリボースである。

4)　下線部イ)のコドンに関して，大腸菌をすりつぶした抽出液にアミノ酸やRNAなどを加えてポリペプチドを合成する実験を行った。これまでの実験で，AAUはアスパラギンに対応し，UAAはアミノ酸に対応していないことがわかっている。さらに，次の実験1～3を行った。実験の結果から新たに判明したコドンとアミノ酸の組み合わせとして最も適当なものを，次の①～⑫の中から2つ選べ。

実験1.　UAのくり返し(UAUA……)の塩基配列からなるRNAを加えると，チロシンとイソロイシンが交互に配列したポリペプチドが合成された。

実験2.　UUAのくり返し(UUAUUA……)の塩基配列からなるRNAを加えると，ロイシン，チロシン，イソロイシンのいずれかだけからなる3種類のポリペプチドが合成された。

実験3.　AAUのくり返し(AAUAAU……)の塩基配列からなるRNAを加えると，アスパラギンとイソロイシンのいずれかだけからなる2種類のポリペプチドが合成された。

①　AUU－チロシン	②　AUU－ロイシン	③　AUU－イソロイシン
④　AUA－チロシン	⑤　AUA－ロイシン	⑥　AUA－イソロイシン
⑦　UAU－チロシン	⑧　UAU－ロイシン	⑨　UAU－イソロイシン
⑩　UUA－チロシン	⑪　UUA－ロイシン	⑫　UUA－イソロイシン

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　確認テスト

真核生物の遺伝情報の発現に関する次の文章1と文章2を読み，以下の問1～問4に答えよ。

文章1　DNAの遺伝情報はRNAに転写され，タンパク質に翻訳される。遺伝子の転写開始部位の近くには，[ア]とよばれる領域が存在する。転写は，まず[イ]とよばれるタンパク質が[ア]に結合し，次に[ウ]とよばれるタンパク質が[イ]を認識してDNAと結合し，これらが複合体を形成することで開始される。

問1　文章1の中の[ア]～[ウ]にあてはまる適切な語をそれぞれの〔選択肢〕のうちから選べ。

〔[ア]の選択肢〕

a)　オペレーター　b)　オペロン　c)　プロモーター
d)　リプレッサー　e)　レプリケーター

〔[イ]，[ウ]の選択肢〕

a)　DNA合成酵素(DNAポリメラーゼ)
b)　RNA合成酵素(RNAポリメラーゼ)
c)　基本転写因子
d)　制限酵素
e)　調節タンパク質

問2　真核生物の転写とその産物についての記述として適切なものをa)～e)のうちから全て選べ。

a)　DNAから転写されたmRNA前駆体は核外に輸送され，スプライシングによってイントロンが取り除かれてmRNAが作られる。
b)　mRNA前駆体からスプライシングによって取り除かれる部位が変化することによって，1種類のmRNA前駆体から2種類以上のmRNAが合成されることがある。
c)　DNAから転写されたmRNA前駆体では，シャルガフの規則どおりにグアニン(G)とシトシン(C)の存在比が同じであるが，スプライシングによってイントロンが取り除かれたmRNAでは，シャルガフの規則は成り立たない。
d)　DNAからは，mRNA，tRNA，rRNAのほかに，RNAの分解などに関与する多数の小さなRNAが合成される。
e)　RNA合成酵素は，3′側から5′側の方向へヌクレオチドを連結してRNAを合成する。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

文章２　表１に示した64種類の遺伝暗号は以下のような実験によって解読された。大腸菌をすりつぶしてタンパク質合成に必要な物質を含む溶液を調製し，これに人工的に合成したRNAを加えて，どのようなポリペプチドが合成されるかを観察した。たとえば，塩基としてウラシル(U)だけからなる人工RNA(UUUUUUUUUU…)からはフェニルアラニンだけからなるポリペプチドが，アデニン(A)とシトシン(C)の繰り返しからなる人工RNA(ACACACACAC…)からはトレオニンとヒスチジンが交互に繰り返したポリペプチドが，それぞれ合成された。

※この実験は，RNAが開始コドンAUGを持たなくてもRNAの任意の位置から翻訳が開始される条件で行われた。

表１　コドン表

1番目の塩基	2番目の塩基				3番目の塩基
	U	C	A	G	
U	UUU フェニルアラニン(Phe)	UCU セリン(Ser)	UAU チロシン(Tyr)	UGU システイン(Cys)	U
U	UUC	UCC	UAC	UGC	C
U	UUA ロイシン(Leu)	UCA	UAA 終止コドン	UGA 終止コドン	A
U	UUG	UCG	UAG	UGG トリプトファン(Trp)	G
C	CUU ロイシン(Leu)	CCU プロリン(Pro)	CAU ヒスチジン(His)	CGU アルギニン(Arg)	U
C	CUC	CCC	CAC	CGC	C
C	CUA	CCA	CAA グルタミン(Gin)	CGA	A
C	CUG	CCG	CAG	CGG	G
A	AUU イソロイシン(Ile)	ACU トレオニン(Thr)	AAU アスパラギン(Asn)	AGU セリン(Ser)	U
A	AUC	ACC	AAC	AGC	C
A	AUA	ACA	AAA リシン(Lys)	AGA アルギニン(Arg)	A
A	AUG 開始コドン メチオニン(Met)	ACG	AAG	AGG	G
G	GUU バリン(Val)	GCU アラニン(Ala)	GAU アスパラギン酸(Asp)	GGU グリシン(Gly)	U
G	GUC	GCC	GAC	GGC	C
G	GUA	GCA	GAA グルタミン酸(Glu)	GGA	A
G	GUG	GCG	GAG	GGG	G

問３　文章２に示した実験を行った人物の名前をa)～h)のうちから全て選べ。

a)　エイブリー　　b)　岡崎令治　　c)　コラーナ

d)　コーンバーグ　　e)　シャルガフ　　f)　スタール

g)　ニーレンバーグ　　h)　メセルソン

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

問4　連続した3つの塩基AUUの繰り返しからなる人工RNA(AUUAUUAUU…)を用いると，どのようなポリペプチドが合成されるか。適切なものをa)～e)のうちから選べ。ただし，適切なものがない場合はf)と答えよ。

a)　イソロイシンだけからなるポリペプチドのみが得られる。

b)　イソロイシンとロイシンが交互に繰り返したポリペプチドのみが得られる。

c)　イソロイシンとチロシンが交互に繰り返したポリペプチドのみが得られる。

d)　イソロイシンとロイシンとチロシンが順不同に並んだポリペプチドのみが得られる。

e)　イソロイシンとロイシンとチロシンがこの順に繰り返したポリペプチドのみが得られる。

ⒸRECRUIT HOLDINGS
本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　演習問題

1）

1	⑰	2	⑲	3	④	4	⑮	5	⑱
6	⑬	7	⑪	8	⑨	9	⑥	10	①

2）⑤

3）②

4）⑥，⑦

ⒸRECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。

第13講　確認テスト

文章1　問1　ア　c)　イ　c)　ウ　b)
問2　b)
文章2　問3　c)，g)
問4　f)

【解説】

問1　真核生物の遺伝子発現では，まず対象の遺伝子の転写開始部位であるプロモーター領域に基本転写因子が結合し，さらにそこにRNA合成酵素が結合して複合体を形成することで開始される。基本転写因子は，真核生物に固有のものなので，しっかりと覚えておきたい。

問2　a)について，スプライシングは核内で進むため，不適。b)について，真核生物で行われる選択的スプライシングの説明である。正しい。c)について，mRNAはDNAの一方の塩基配列を写し取った1本鎖の構造であり，mRNAにシャルガフの規則は成り立たない。d)について，DNAから合成されるRNAは，mRNA，tRNA，rRNAの3種類となる。e)について，RNA合成酵素は，新生鎖を5′側から3′側にヌクレオチドを連結してRNAを合成する。ゆえに，正しいのはbのみとなる。

問3　ニーレンバーグは，ウラシルのみの人工RNAの翻訳によってフェニルアラニンのみからなるポリペプチドを合成した。コラーナはACが繰り返された人工RNAの翻訳によって，トレオニンとヒスチジンが交互に繰り返したポリペプチドを合成した。また，コラーナはCAAが繰り返された人工RNAの翻訳によって，グルタミンのみ，アスパラギンのみ，トレオニンのみの3種類のポリペプチドを合成した。彼らの研究によって遺伝暗号の解明が進んでいった。

問4　AUUが繰り返された人工RNAが翻訳される場合，コドンAUUが連続することによってイソロイシンのみからなるポリペプチド，コドンUAUが連続することによってチロシンのみからなるポリペプチド，コドンUUAが連続することによってロイシンのみからなるポリペプチドの3種類が合成されると考えられる。選択肢に相当するものがないので，fが正解となる。

©RECRUIT HOLDINGS

本サービスに関する知的財産権その他一切の権利は著作権者に帰属します。
また本サービスに掲載の全部または一部につき無断複製・転載を禁止します。